



INRAE

➤ Production potentielle de CIVEs en France et impacts sur l'environnement et la production alimentaire

*Camille Launay^{1,2,3}, Sabine Houot²; Vincent Jean-Baptiste³, Hélène Raynal¹,
Julie Constantin¹*

¹ Université de Toulouse, INRAE, UMR AGIR, F-31320, Castanet-Tolosan

² Université Paris-Saclay, INRAE, AgroParisTech, UMR Ecosys, F-78850, Thiverval-Grignon

³ GRDF, F-75009, Paris

Culture intermédiaire et ses déclinaisons

CIPAN

Culture Intermédiaire Piège à Nitrate

Objectif: réduire la lixiviation du nitrate
Croissance rapide, courte et non récoltée
Obligatoire en ZVN (Directive Nitrate, 1991)

CIMS

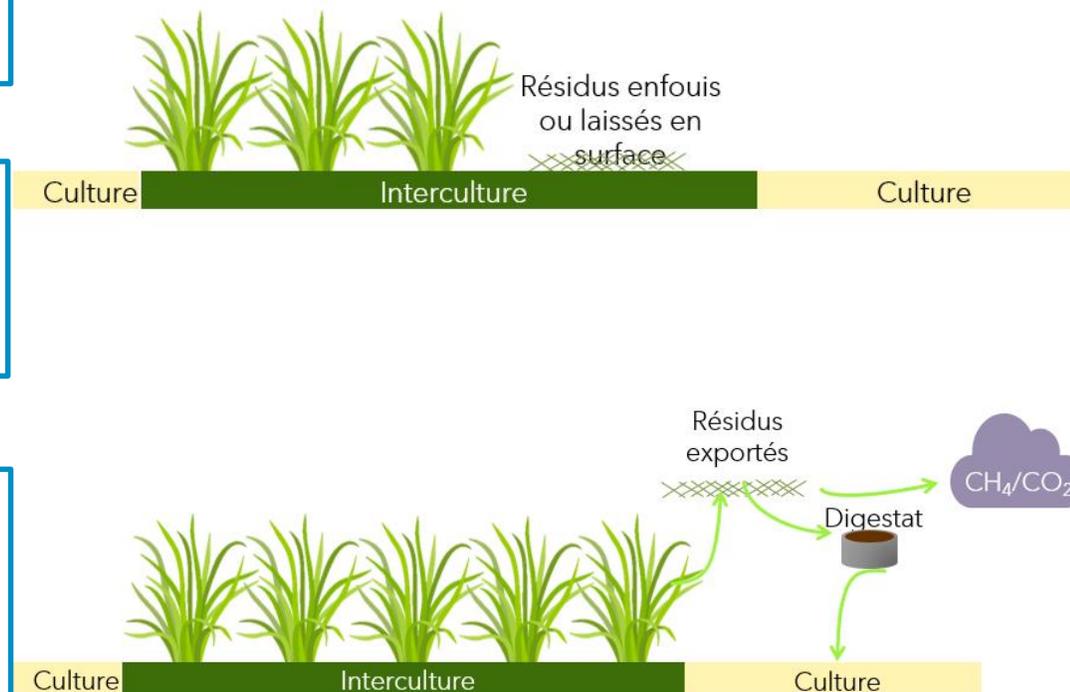
Culture intermédiaire multi-services

Objectif: bouquet de **services écosystémiques**
Multi-espèces, longue, parfois irriguée et non récoltée

CIVE

Culture intermédiaire à vocation énergétique

Objectif: **production d'énergie** (+services écosystémiques)
Espèces, fertilisation et irrigation pour maximiser la production

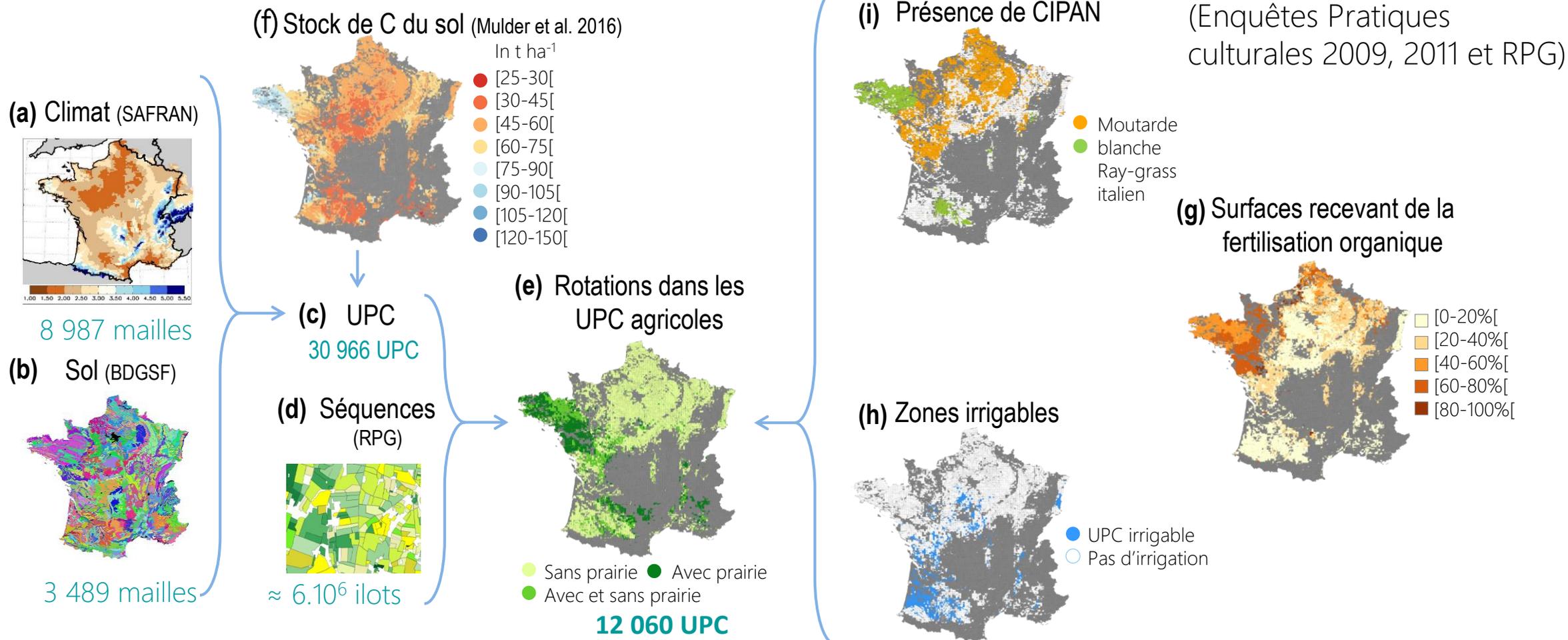


Objectifs de l'étude

- Proposer une **nouvelle estimation de la production de biomasse des CIVEs:**
 - Basée sur la simulation de modèles dynamiques à haute résolution spatiale
 - Intégrant la diversité des sols, des climats et des systèmes de culture
- **Quantifier l'impact de l'extension des CIVEs** sur:
 - La production alimentaire des cultures de la succession
 - L'environnement (GES, stockage C, bilan d'eau, fertilisants et perte N)

Ligne de base des systèmes de culture actuels : étude 4p1000

Issu de Launay et al. 2021



BDGSF : Base de Données Géographiques des Sols de France
UPC : Unité Pédo-climatique
RPG : Registre Parcellaire Graphique



4 scénarios de développement des couverts

Ligne de base

- CIPAN en zones vulnérables nitrate, non récoltées
- Hiver : 2 à 6 mois (destruction mi-nov à mi-mars)
- Moutarde blanche et ray-grass d'Italie
- Non implantées après maïs, tournesol et betterave

Extension des CIMS

- CIMS en interculture de plus de 2 mois, non récoltées
- Hiver / Eté avant le 20 juillet
- Légumineuses (vesce, féverole) et ray-grass d'Italie
- Irrigation possible pour la levée en zone irrigable

Insertion de CIVEs

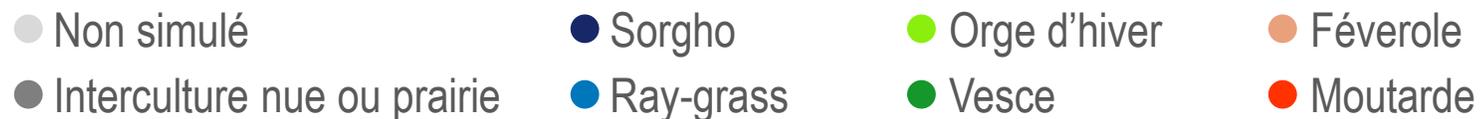
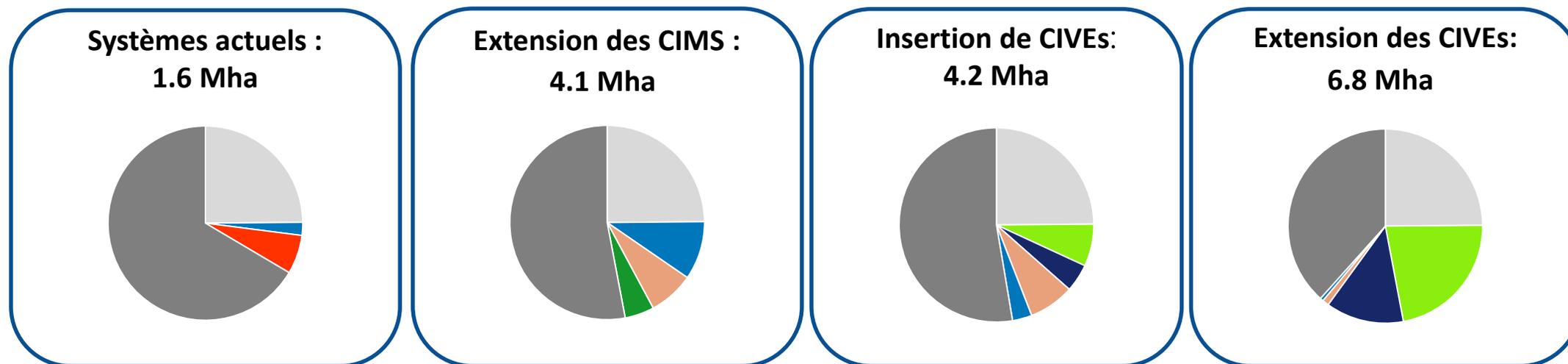
- Hiver avant le 15 octobre / Eté avant le 20 juillet
- Orge d'hiver et sorgho fourrager
- Fertilisation minérale et irrigation des CIVEs
- Digestat épandu sur la culture suivante
- Seuil de récolte à 5 t MS/ha et 33% de chaumes

Extension des CIVEs

- Mêmes règles et espèces que « Insertion de CIVEs »
- Avancement de la précocité du maïs et du tournesol
- Substitution de : colza → tournesol,
blé → maïs ou orge

¾ de la surface arable française considérées

- Surface des cultures intermédiaires dans les différents scénarios :



Une chaine de modélisation pour quantifier production et impacts



SticsRPacks



Ressources organiques

Quantité de biogaz
Emissions GES pendant la
méthanisation

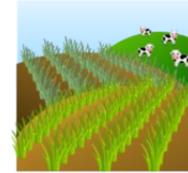
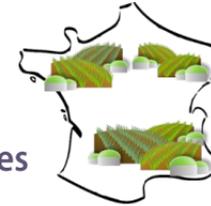
Digestat

Bilan N au
champ

Biomasse CIVEs

Bilans eau, C, GES au champ
Biomasses des cultures

Météo
Sol
Systèmes de cultures



Emissions GES induites par
la fabrication des engrais

Ajustement
fertilisation

Bilan N
COMIFER

Doses engrais minéraux

Modèle volatilisation NH₃

Hafner et al. 2019

ALFAM2

Volatilisation de NH₃ par les
fertilisants organiques au champ

N appliqué

STICS

Modèle sol-culture

Beaudoin et al. 2022

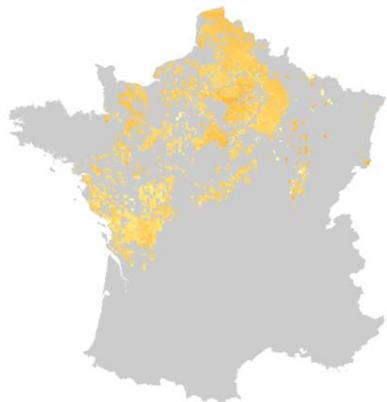
30 dernières années
successives



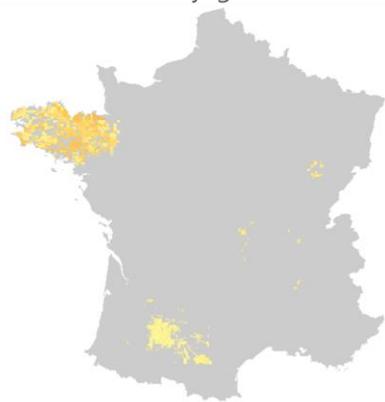
Une production de biomasse fortement accrue, en hiver surtout

Ligne de base

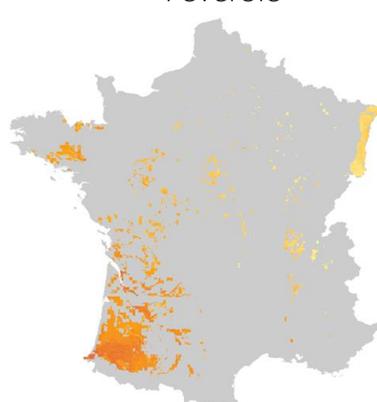
Moutarde



Ray-grass

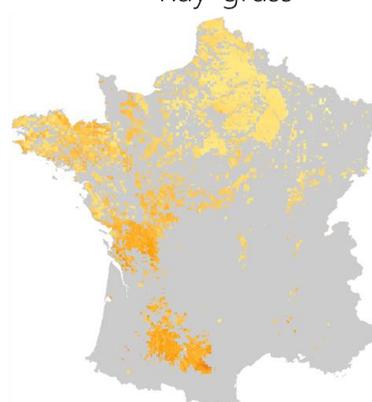


Féverole

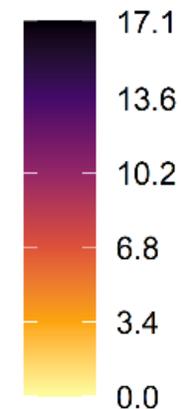
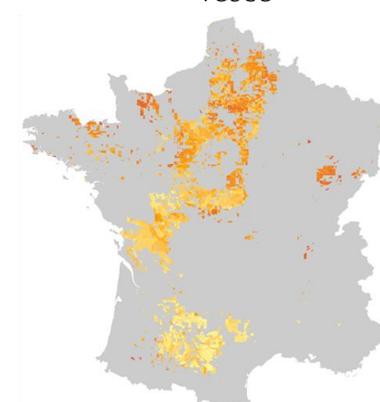


Extension des CIMS

Ray-grass

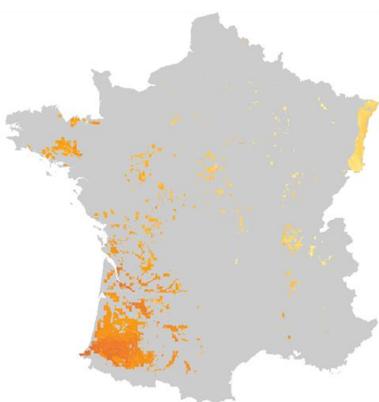


Vesce

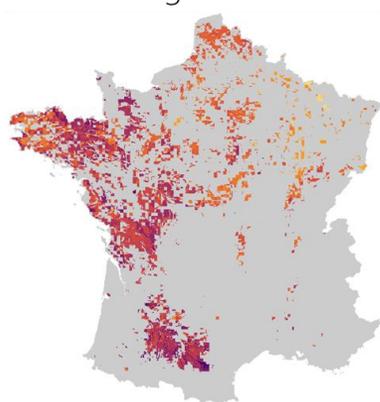


Insertion de CIVEs

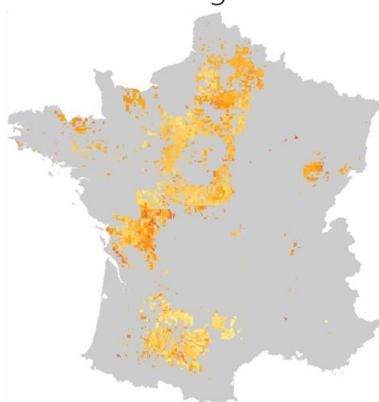
Féverole



Orge d'hiver

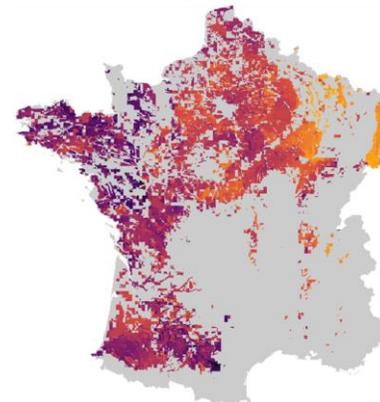


Sorgho

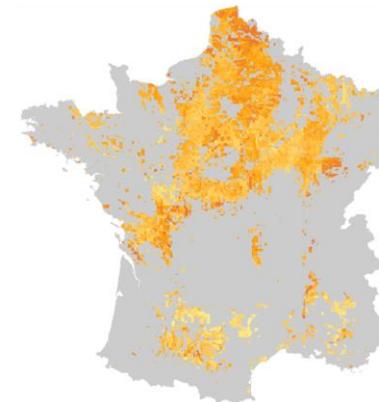


Extension des CIVEs

Orge d'hiver



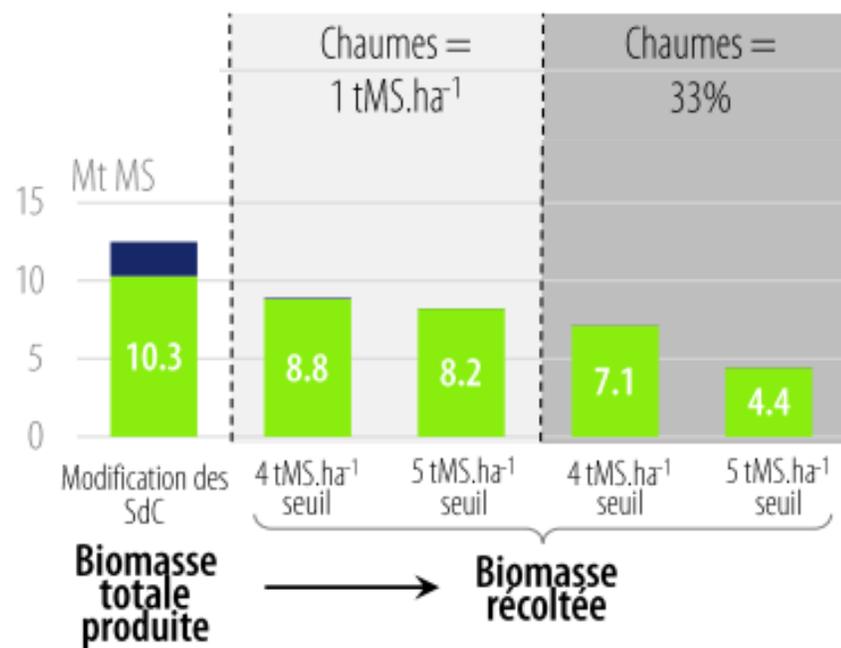
Sorgho



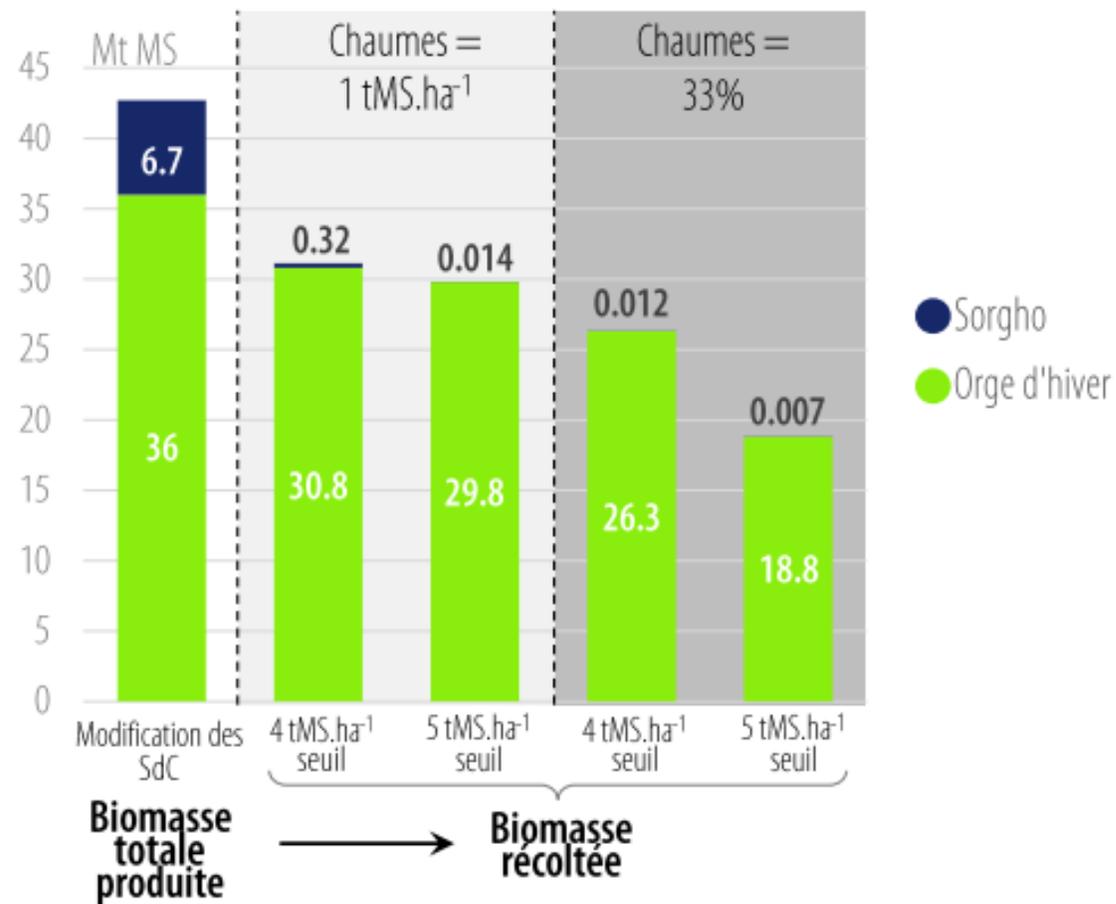
Biomasse aérienne
des couverts (t MS/ha)

Un potentiel selon les seuils de récolte et 4x plus élevé en extension des CIVEs

Insertion de CIVEs

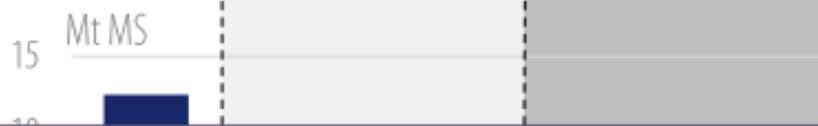


Extension des CIVEs

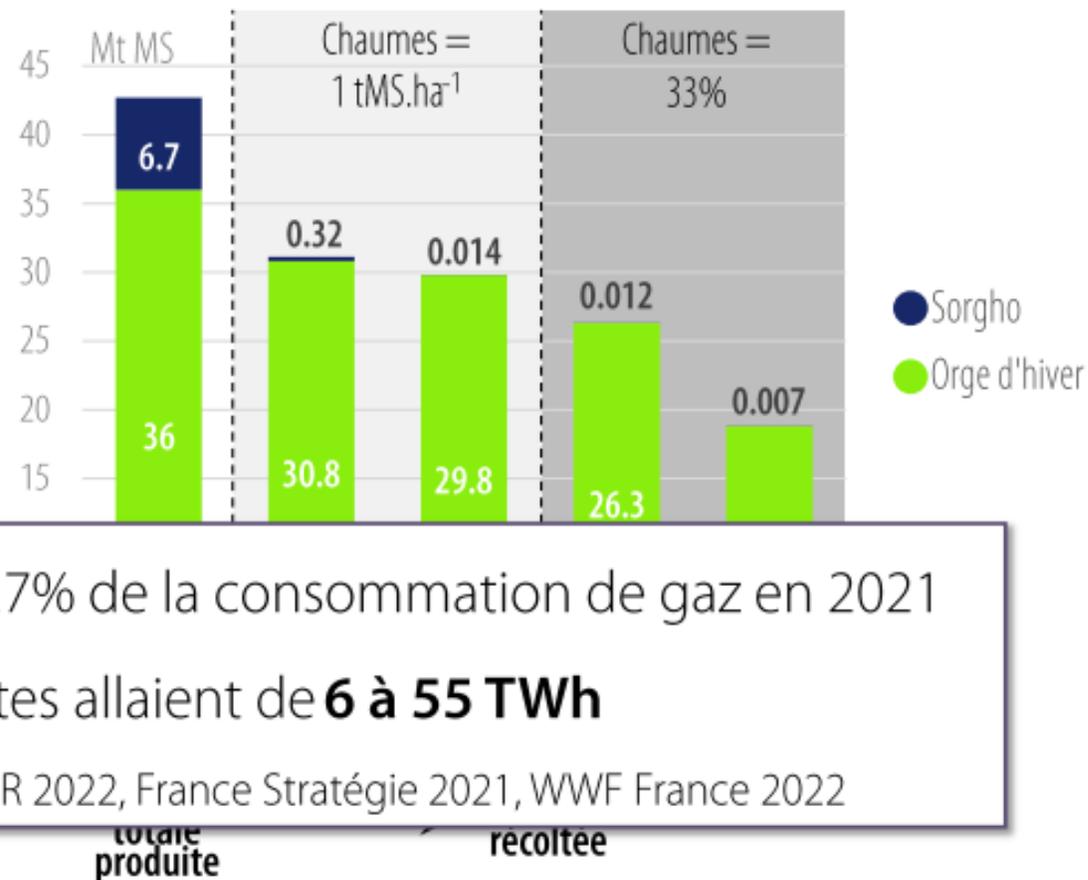


Une production de gaz permise entre 17 et 115 TWh sur 14 Mha

Insertion de CIVEs



Extension des CIVEs



4,4 à 31,1 Mt MS = **17 à 115 TWh** = 4 à 27% de la consommation de gaz en 2021

Les estimations précédentes allaient de **6 à 55 TWh**

ADEME 2013, 2018, 2021, Agrosolutions and EIFER 2022, France Stratégie 2021, WWF France 2022

Un bilan GES amélioré malgré une augmentation des émissions de N₂O et de la fertilisation minérale azotée

- Bilan GES: Différence entre chaque scénario et la ligne de base (kg CO₂eq.ha⁻¹.an⁻¹)

	Δ GHG balance	Δ N₂O emissions	Δ SOC storage	Δ mineral fertilizer	Δ digester emissions	Δ energy production
Extension CIMS	- 219 ±371	+ 21 ±54	- 220 ±306	- 19 ±84	0	0
Insertion CIVEs	- 447 ±597	+ 77 ±85	- 308 ±318	+ 60 ±121	+ 177 ±302	- 453 ±774
Extension CIVEs	- 1031 ±1030	+ 110 ±123	- 471 ±415	+ 120 ±112	+ 508 ±575	- 1298 ±1470

Une production d'énergie au léger détriment de la production alimentaire

Modification des rendements par rapport à la ligne de base :

				
Extension des CIMS	+2,3 -> +3,1 %		-6,5 -> -9,8 %	
Insertion des CIVEs	+2,6 -> +3,9 %		-8,9 -> -17,3 %	
Extension des CIVEs	+2,7 -> +8,6 %		-9,5 -> -14,8 %	

- Stress hydrique après CIMS et CIVEs d'hiver → destruction/récolte trop proche de la culture suivante?
- Stress azoté après les CIVEs d'hiver → sous-estimation de la fertilisation à apporter ?
- Léger impact du décalage de la date de semis et de la précocité

Un potentiel intéressant mais des impacts à maîtriser

1. Quelle quantité de biomasse et d'énergie pourraient-elles produire en France ?

- Elles pourraient assurer jusqu'à 27 % de nos besoins en gaz actuels grâce aux CIVEs d'hiver implantées très largement avec un bon rendement.

2. Quels sont les impacts sur les cycles du carbone, de l'azote et de l'eau ?

- Elles améliorent le bilan GES des systèmes actuels, mieux que les CIMS le feraient, grâce au stockage de carbone et à la substitution de gaz fossile.
- La consommation d'engrais augmente (explorer les associations avec légumineuses et limiter leur fertilisation) et augmente la volatilisation de NH_3 (bonnes pratiques d'épandage, acidification des digestats).
- Les CIVEs sont globalement aussi efficaces que les CIMS pour réduire la lixiviation (effet espèce).
- Les CIVEs et les CIMS conduisent de la même façon à une réduction du drainage (conséquence sur les nappes ?).

3. Quels sont les impacts sur la production alimentaire ?

- Les CIVEs réduisent un peu plus le rendement des cultures printemps que les CIMS mais l'effet n'est pas systématique (gérer la date de destruction et la fertilisation, adapter l'espèce suivante).